

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

SVERIGE

(12) PATENTSKRIFT

(13) C2

(11) 510 153

(19) SE

(51) Internationell klass<sup>6</sup>  
H02N 2/00

# PATENT- OCH REGISTRERINGSVERKET

(45) Patent meddelat 1999-04-26  
 (41) Ansökan allmänt tillgänglig 1994-08-02  
 (22) Patentansökan inkom 1993-02-01  
 (24) Löpdag 1993-02-01  
 (62) Stamansökans nummer  
 (86) Internationell ingivningsdag  
 (86) Ingivningsdag för ansökan om europeisk patent  
 (83) Deposition av mikroorganism

(21) Patentansöknings-  
nummer 9300305-1

Ansökan inkommen som:

- ☒ svensk patentansökan  
☐ fullföljd internationell patentansökan med nummer  
☐ omvandlad europeisk patentansökan med nummer

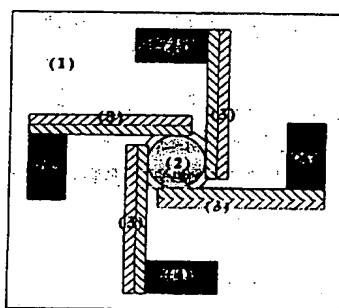
(30) Prioritetsuppgifter

(73) PATENTHAVARE Piezomotors Uppsala AB, Norbyvägen 33 752 39 Uppsala SE  
 (72) UPPFINNARE Stefan Johansson, Uppsala SE  
 (74) OMBUD Aros Patent AB  
 (54) BENÄMNING Piezoelektrisk miniatyrmotor  
 (56) ANFÖRDA PUBLIKATIONER:

GB A 2 193 046 (H02N 2/00), US A 4 019 073 (310/8.2)  
 DD A 143 682 (H02N 1/00)

(57) SAMMANDRAG:

Patentet innefattar en motorkonstruktion som särskiljer sig för miniatyrisering. Drivprincipen bygger på positionering av aktiva gripelement som sekventiellt griper, flyttar och släpper en rotor för att sedan återgår till ursprungsläget. De aktiva gripelementen består av material som kan formförändras på ett kontrollerbart sätt. Vart gripelement kan utföra alla rörelsemoderna, vilket förenklar konstruktionen. Rotorn är alltid friktionsmässigt låst av åtminstone ett par drivelement, vilka därigenom utgör lagring av den rörliga kroppen



ÖVRE OCH UNDRE VY

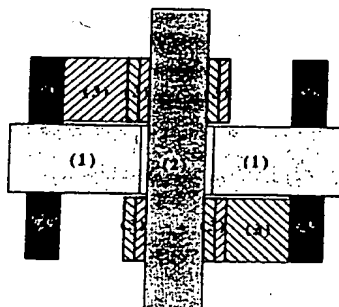


Fig. 1

SEKTION

Patentet innefattar en motorkonstruktion som väl lämpar sig för miniatyrisering. Drivprincipen bygger på positionering av aktiva gripelement som sekventiellt griper, flyttar och släpper en rotor för att sedan återgår till ursprungsläget. De aktiva gripelementen består av material som kan formförändras på ett kontrollerbart sätt. Vart gripelement kan utföra alla rörelsemoderna, vilket förenklar konstruktionen. Rotorn är alltid friktionsmässigt låst av åtminstone ett par drivelement, vilka därigenom utgör lagring av den rörliga kroppen

## BESKRIVNING

### Bakgrund

För att kunna skapa mikromekaniska system där något skall drivas (eng. actuate), krävs något som kan benämnas linjär eller roterande motor, vilket är anledningen till föreliggande uppfinning. En mikromotor bör bl.a. ha följande egenskaper: högt vridmoment, stor relativ förflyttning, enkel uppbyggnad (i förhållande till de tillverkningstekniker som existerar idag) och styrning. De motorkonstruktioner, med möjlighet till miniatyrisering (mikronisering), som föreslagits hittills verkar ej kunna uppnå de prestanda som krävs för t.ex. en mikrorobot av samma storlek som en mindre insekt. Det beror delvis på något man kallar nedskalningsfenomen [1] (eng. scaling) och som innebär att det inbördes förhållandet mellan fysikaliska fenomen förändras med storleken (skalnfaktorn). Rangordningen (prestandamässigt) mellan tex. motorer som bygger på elektrostatisk kraftverkan och motorer som baseras på elektromagnetisk kraftverkan, växlar vid en storlek av ca 1-10 mm. En annan orsak till de måttliga prestanda som mätts upp är att denna diskussion gäller för ideala konstruktioner, vilket ofta är svårt att komma i närheten av sig när storleken krymper. Ännu har ingen motor, med dimensioner mindre än 1 mm<sup>3</sup>, kommit i närheten av det eftersträfvade vridmomentet ( $>10^{-6}$  Nm). De motorprinciper som hittills kunnat anses mest intressanta är ultraljudsmotorer och direktdrivning via en formminneslegering. Den sistnämnda handlar om en formförändring vid förändrad temperatur, och mikrotekniker för dessa material som aktuatorer kommer troligen att utvecklas inom de närmaste åren. Ultraljudsmotorn, som idag finns i ett flertal utföranden i makroskala, uppvisar många de egenskaper man skulle önska av en mikromotor: högt vridmoment, lågt varvtal och få mekaniska delar. Liknande konstruktioner har provats i mikroskala [2], med svårtolkade resultat. Det är mycket möjligt att nedskalningsfenomen kan börja göra sig gällande när ytkrafter och andra ytfenomen ökar i relativ betydelse. En annan möjlig rörelseprincip som skulle kunna vara mycket fördelaktig i mikroskala är den sk "inchworm" principen, som ligger till grund för bl.a. patent U.S. 3.902.084 (Burleigh Instruments). Denna konstruktion skulle dock inte fungera i mikroskala med dagens tillverkningsmetoder. Tillgängliga mikroaxlar med dimensioner av ca 100 µm har typiskt en orundhet på ca 1 µm. Tillverkningsprecisionen vid mikrotillverkning är ej heller mycket bättre än ca 1 µm i normala fall. Det gripande elementet måste därför kunna förflyttas mer än 1 µm. De bästa piezokeramiska materialen idag kan uppnå en maximal kontraktion av ca 2‰, vilket innebär att drivelementet måste ha dimensioner av storleksordningen mm, vilket är alldeles för stort. Detta gäller bl.a. för ett Japanskt patent nr 62-23382 (Sony Corp). Någon typ av rörelseutväxling måste därför integreras i konstruktionen, samtidigt som elementen måste vara så enkla som möjligt. Man kan notera att vibrerande ultraljudsmotorer eller ultraljudsmotorer som baseras på en roterande vågrörelse utnyttjar kroppens självsvängning som rörelseutväxling; den statiska deformationen är försumbar.

### Konstruktion

Konstruktionen baseras på positionering enligt "inchworm" principen: att rörelse skapas genom att aktiva gripelement sekventiellt griper, flyttar, släpper t.ex. en rotor för att sedan återgår till ursprungsläget. Den mest likartade konstruktionen finns beskriven i patent U.S. 4.468.583 (Hitachi Ltd), vilket i princip är en roterande variant av den tidigare konstruktionen från Burleigh. Hitachis konstruktionen är dock ej lämplig att skala ner då sammansättning av de olika delarna skulle bli mycket komplicerad. Grundidén i föreliggande uppfinning är att vart drivelement skall kunna utföra flera rörelsemoder för att på så vis minska antalet komponenter som skall sättas samman. En av de enklaste lösningarna på detta problem visas i Fig 1. I denna förenklade prototypskiss sitter fyra drivelement (3) monterade med infästningar (4) på var sida om en stator (1), och rotorn (2) är en axel. Drivelementen är piezoelektriska bimorfa blad och består typiskt av två skikt ferroelektriskt material som polariserats vinkelrätt mot bladets utsträckning. Mellan skikten, samt på ytterytorna, finns elektroder. Genom att växla fältriktningen i de två piezoelektriska skikten så kan följande rörelsemoder erhållas: böjning av bladet samt kontraktion/expansion i längdriktningen. Den eftersträlvade utväxlingen av det aktiva materialets formförändring sker via en "inre hävarm". Utväxlingsfaktorn  $M$  (böjning/längdförändring av bladet) är:

$$M=1.5(L/t)$$

Genom att välja lämplig längd  $L$  och tjocklek  $t$ , kan lämplig förflyttning i böjriktningen erhållas. Dimensionering och exakt design anpassas efter rotorns orundhet, ytfinhet osv så att optimala egenskaper erhålls.

Principen för hur en motor med fyra blad driver en rotor är följande, Fig 2:

- i) Drivelementen A griper rotorn (böjning mot), Fig 2a
- ii) Drivelementen B släpper rotorn (böjning från), Fig 2a
- iii) Drivelementen A kontraherar » rotorn vrids, Fig 2b
- iv) Drivelementen B återgår till ursprungsläge (expansion), Fig 2b
- v) Drivelementen B griper rotorn (böjning mot), Fig 2c
- vi) Drivelementen A släpper rotorn (böjning från), Fig 2c
- vii) Drivelementen B kontraherar » rotorn vrids, Fig 2d
- viii) Drivelementen A återgår till ursprungsläge (expansion), Fig 2d

Dessa sekvenser repeteras cykliskt, dock inte nödvändigtvis i exakt denna ordningsföljd. För att göra motorn användbar i mikrorobottillämpningar så kan vissa funktioner adderas. En funktion som förenklar konstruktion av komplicerade system är att var motor har lokal intelligens ("smart motor"), dvs en styrkrets är integrerad i tex statorn eller är monterad nära drivelementen. Dessutom bör drivströmmar och styrsignaler kunna överföras via rotorn, så att olika delar i ett mikrorobotsystem kan kommunicera med varandra. Detta kan lösas genom att mönstra olika tunna skikt av ledningsmaterial, åtskilda av isolerande skikt, på rotorn så att elektroden på drivelementet står i kontakt med en annan punkt på rotorn. Ett viktigt krav på dessa motorer är att rotorn är låst när strömmen slås av, dvs de icke aktiverade drivelementen låser rotorn. Övriga förbättringar i konstruktionen är att drivelementen stabiliseras på olika sätt. Ett sätt är att montera drivelement på var sida om en stator för att öka stabiliteten vinkelrätt mot rotationsaxeln, som i Fig. 1. Ett annat sätt är att låsa olika punkter av drivelementen mot statorn t.ex. med hjälp av en attraktiv potential.

3

## NYA PATENTKRAV

1. En roterande eller linjär motor innefattande en stator (1), en rörlig kropp (2) samt ett antal drivelement (3), vilka kan röra sig relativt respektive infästningspunkter (4) i statorn, varvid en kontrollerad formförändring av drivelementen (3) kan driva den rörliga kroppen (2) genom att cykliskt gripa, flytta, släppa och återgå, vilken rörlig kropp (2) alltid är friktionsmässigt låst av åtminstone ett par drivelement (3),  
**kännetecknad av**  
att varje drivelement (3) utgörs av en bimorf eller multimorf kropp av ett piezoelektriskt material, varvid kombinerad böjning/uträtning och kontraktion/expansion av den bimorfa eller multimorfa kroppen, orsakad av styrning av över de piezoelektriska materialen applicerade elektriska fält, utnyttjas för att åstadkomma drivningen av den rörliga kroppen (2).
2. Motor enligt patentkrav 1,  
**kännetecknad av**  
att den rörliga kroppen (2) är en axel, cylinder eller skiva vid drivelementens kontaktyta.
3. Motor enligt patentkrav 1,  
**kännetecknad av**  
att den rörliga kroppen (2) och/eller drivelementen (3) är mönstrade i ett eller flera skikt av ledningsmaterial, åtskilda av isolerande skikt, varvid elektrisk energi och styr signaler överförs via kontaktpunkter mellan drivelement (3) och den rörliga kroppen (2).
4. Motor enligt patentkrav 1,  
**kännetecknad av**  
att drivelementen (3) låses friktionsmässigt mot statorn (1) i en annan punkt än infästningspunkten (4) under vissa rörelsemoder för att öka stabiliteten.
5. Motor enligt patentkrav 1,  
**kännetecknad av**  
att drivelement (3) är monterade på motstående sidor om statorn (1) för att förbättra stabiliteten i riktningar vinkelrätt mot rörelseriktning eller rotationsriktning.
6. Motor enligt patentkrav 1,  
**kännetecknad av**  
att drivelementen (3) är anordnade för att stå i friktionskontakt med den rörliga kroppen (2) när de inte är aktiverade, varvid den rörliga kroppen (2) låses.
7. Motor enligt patentkrav 1,  
**kännetecknad av**  
att infästningspunkten (4) är flexibelt upphängd i statorn (1) och låses friktionsmässigt mot statorn (1) under drivningen av den rörliga kroppen (2).

8. Motor enligt patentkrav 1,

**kännen cknad av**

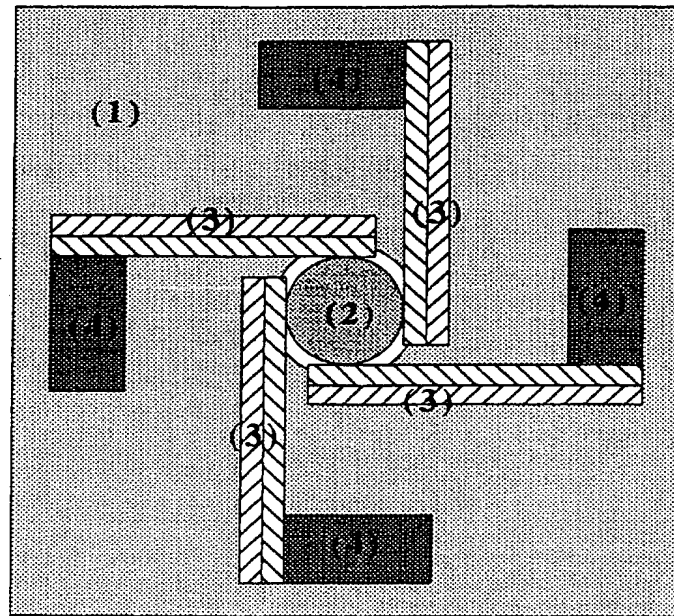
att en eller flera styr- och kommunikationskretsar sitter integrerat i eller monterat i närheten av motorn så att endast drivenergi och styrsignal behövs för att driva motorn utifrån.

9. Motor enligt patentkrav 8,

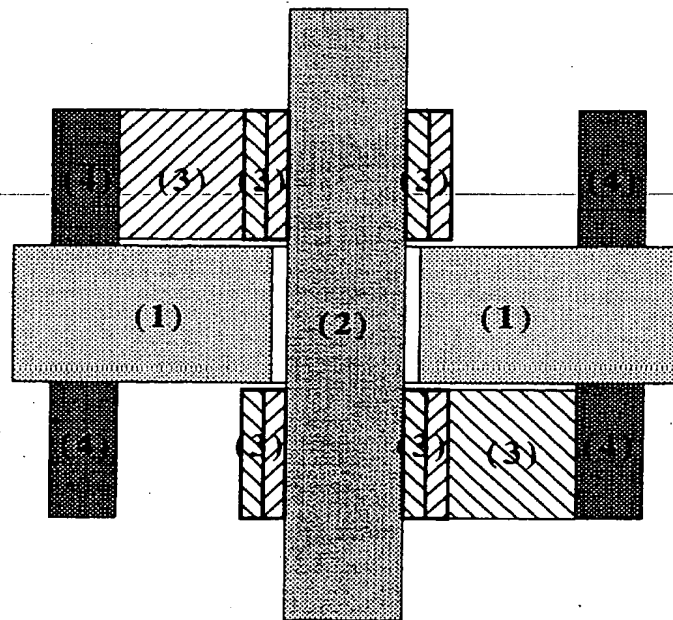
**kännetecknad av**

att det elektromekaniska beteendet hos det aktiva materialet är återkopplat till kretsarna, varvid motorns rörelse och position är detekterbara.

---

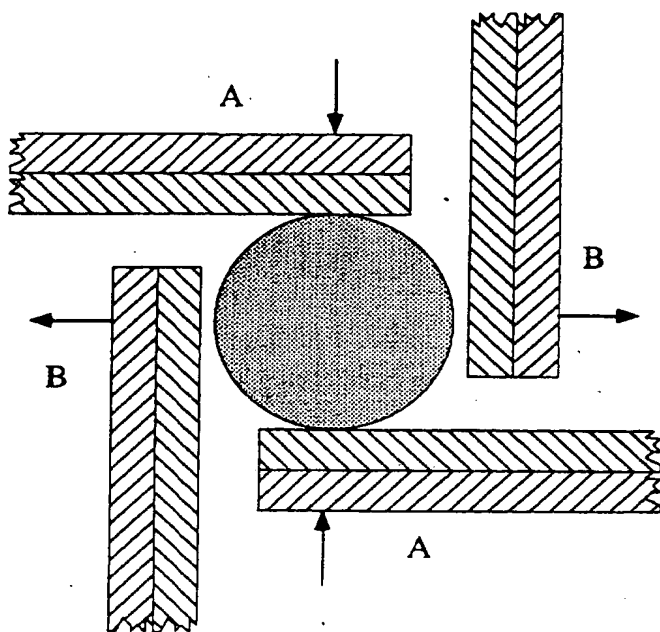


ÖVRE OCH UNDRE VY

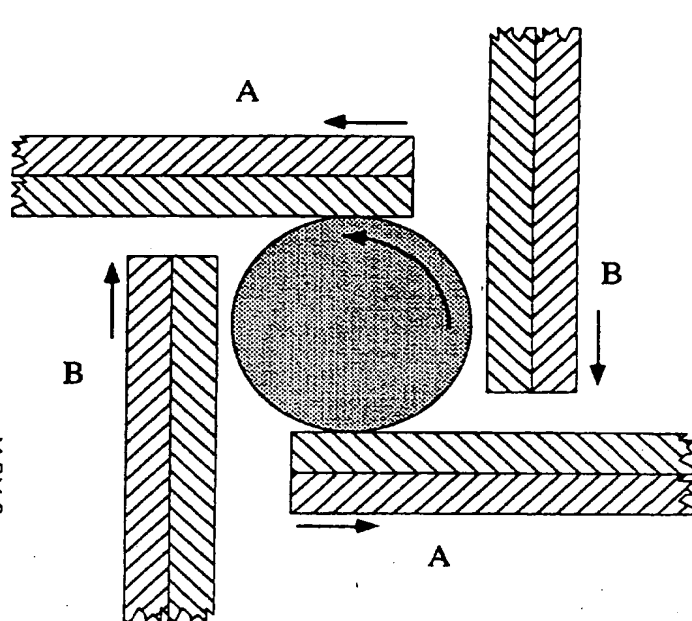


SEKTION

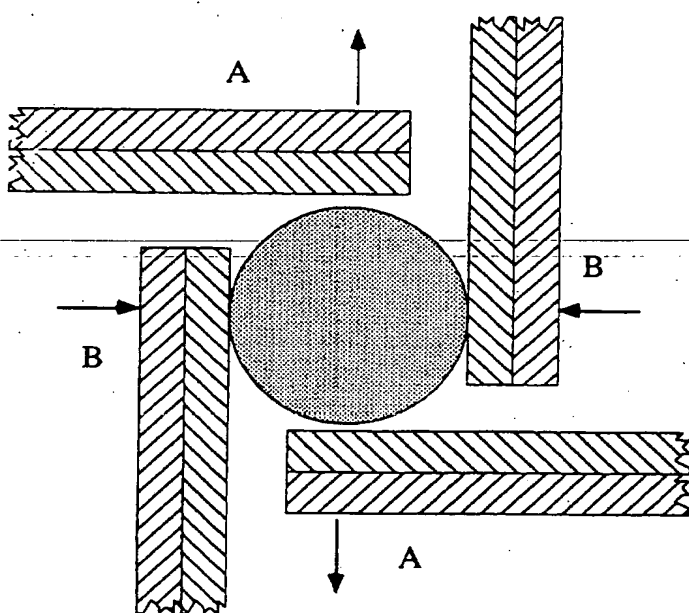
Fig. 1



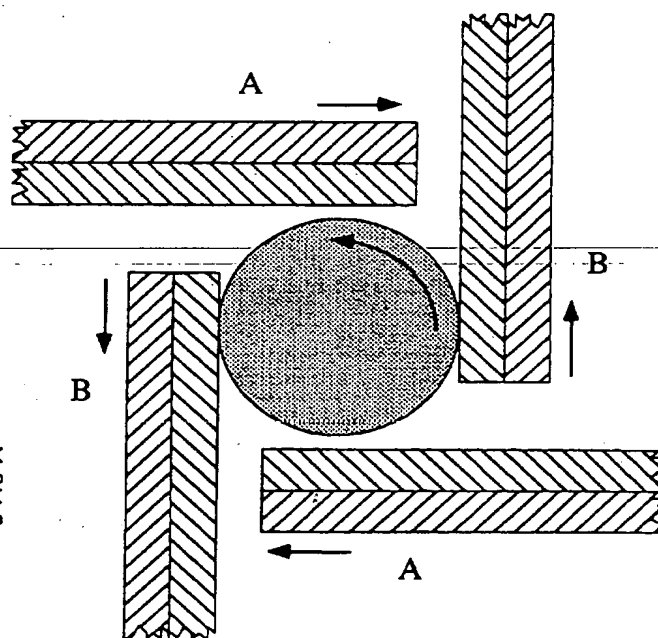
(a)



(b)



(c)



(d)

**Fig. 2**